

## น้ำยางธรรมชาติและคุณสมบัติของกราฟต์โคโพลิเมอร์กับเมทิลเมทาครีเลต

### 2.1 น้ำยาง (rubber latex)

น้ำยาง หมายถึง สารละลายที่ประกอบด้วยส่วนของสารโพลิเมอร์ (polymer) แขนงลอยอยู่ในตัวกลาง อาจกล่าวได้ว่าน้ำยางประกอบด้วยสาร 2 ส่วนใหญ่ คือ ส่วนของสารที่แขวนลอยหรือส่วนที่กระจัดกระจาย (disperse phase) และส่วนของสารที่เป็นตัวกลาง (disperse medium) ในส่วนของสารที่กระจัดกระจายประกอบด้วยอนุภาคเล็กๆ ของสารโพลิเมอร์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 5 ไมครอนลงไป สำหรับส่วนของสารที่เป็นตัวกลางนั้น โดยทั่วไปเรียกว่า เซรั่ม (serum)

น้ำยางมีลักษณะเป็นสารละลายคอลลอยด์ (colloid) ชนิด hydrosol (สารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย) ที่มีความพิเศษกว่า hydrosol ทั่วไป คือ น้ำยางมีคุณสมบัติก้ำกึ่งระหว่างไฮโดรฟิลิก (hydrophilic : ลักษณะที่เป็นสารละลายได้ง่ายเมื่อน้ำเป็นตัวทำละลาย) กับไฮโดรโฟบิก (hydrophobic : ลักษณะที่ไม่ยอมรวมกับน้ำจึงเกิดเป็นสารละลายได้ยากเมื่อน้ำเป็นตัวทำละลาย) แต่ลักษณะ hydrophobic จะเด่นชัดกว่า ลักษณะสารละลายคอลลอยด์ของน้ำยางนั้นอาจจะอธิบายได้ว่าเป็น อิมัลชัน (colloidal emulsion) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีน้ำยางที่สังเคราะห์หรือทำเทียมขึ้นแต่อย่างไรก็ตาม การอธิบายลักษณะคอลลอยด์ของน้ำยางว่าเป็นอิมัลชันอาจไม่ถูกต้องนักเพราะในทางเคมี อิมัลชันหมายถึงสารละลายของเหลวในของเหลว แต่สารโพลิเมอร์ ส่วนใหญ่มีลักษณะก้ำกึ่งระหว่างของแข็งกับของเหลว ซึ่งลักษณะเป็นของแข็งจะเด่นกว่าลักษณะเป็นของเหลวในสถานะอุณหภูมิปกติ การอธิบายว่าน้ำยางมีลักษณะเป็นคอลลอยด์แบบอิมัลชัน เนื่องมาจากเหตุผล 2 ประการ คือ ประการแรกน้ำยางสังเคราะห์ผลิตโดยกรรมวิธีโพลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization) แบบอิมัลชัน (Emulsion Polymerization) และอีกประการหนึ่งคือ น้ำยางสังเคราะห์บางประเภทใช้งานด้านการฉาบหรือเคลือบผิวหน้าอย่างแพร่หลายแทนการใช้อิมัลชันของสีน้ำมัน

## 2.2 การแยกจำพวกน้ำยาง

### 2.2.1 การจัดแยกจำพวกตามลักษณะที่ได้มา

การจัดแยกจำพวกน้ำยางแบบนั้นแบ่งน้ำยางออกได้เป็น 3 ชนิด คือ น้ำยางธรรมชาติ, น้ำยางสังเคราะห์ และน้ำยางเทียม น้ำยางสังเคราะห์ ทำขึ้นมาโดยกรรมวิธีอิมัลชัน โพลีเมอร์ไรเซชัน (Emulsion Polymerization) น้ำยางเทียมทำขึ้นมาโดยกรรมวิธีทำให้โพลีเมอร์กระจายในตัวกลางที่เป็นน้ำ น้ำยางธรรมชาติหมายความว่ารวมถึง น้ำยางจากยางพารา guttapercha, น้ำยางสังเคราะห์ เช่น น้ำยางสังเคราะห์ SBR, น้ำยางสังเคราะห์โพลีไวนิลอะซิเตต (Polyvinyl acetate) น้ำยางสังเคราะห์คลอโรพรีน (chloroprene) น้ำยางที่ทำเทียมขึ้นนั้นมี ความสำคัญน้อยกว่าสองพวกแรกตัวอย่างเช่น ยาง Reclaim, ยาง Butyl และพวกยางประเภท Polydiene

มีน้ำยางอีกพวกหนึ่งนี้อาจไม่ถูกต้องนักหากว่าจะจัดเข้าเป็นชนิดที่ 4 ของการแบ่งน้ำยางตามลักษณะที่ได้มานั้นคือ น้ำยางที่ได้ทำการปรับปรุงโครงสร้าง (modified latex) น้ำยางเหล่านี้ผลิตขึ้นมาโดยวิธีการปรับปรุงโครงสร้างของโมเลกุล เช่น โดยทำให้โมโนเมอร์บางชนิดโยงกับโพลีเมอร์หลักหรืออาจโดยการปรับปรุงคุณลักษณะของส่วนโพลีเมอร์ เป็นต้น

### 2.2.2 การจัดแยกจำพวกตามลักษณะทางเคมีของโพลีเมอร์หลัก

โดยวิธีการจัดแยกจำพวกของน้ำยางตามลักษณะทางเคมีของโพลีเมอร์นั้นเท่ากับเป็นการเรียกชื่อสารโพลีเมอร์ ที่อยู่ในน้ำยางนั่นเอง ตัวอย่างเช่น น้ำยางโพลีไอโซพรีน (polyisoprene), น้ำยางโพลีสไตรีน (polystyrene) น้ำยางบิวทาไดอคริลโลไนไทล์ (butadiene acrylonityl) เป็นต้น

### 2.2.3 การจัดแยกจำพวกตามลักษณะทางกายภาพของโพลีเมอร์หลัก

วิธีการนี้แยกจำพวกน้ำยางตามลักษณะทางกายภาพของโพลีเมอร์หลักเป็นการจัดแยกจำพวกที่ไม่มีกฎเกณฑ์ ซึ่งอาจแบ่งน้ำยางโดยวิธีการนี้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทแรก น้ำยาง (rubber latices) ประกอบด้วยโพลีเมอร์ที่มีลักษณะของยาง (rubber nature) และน้ำยางเรซินหรือพลาสติก (resin or plastic latices) ประกอบด้วยโพลีเมอร์ที่มีลักษณะของสารเรซิน (resinous nature)

## 2.3 สารเคมีสำหรับยาง

ยางที่ยังไม่เกิดปฏิกิริยากับสารเคมีเรียก Green Compound หรือ Uncured Compound ยางที่สารเคมีเข้าทำปฏิกิริยากับยางแล้วเรียก Cured Compound หรือ Cured rubber หรือ Vulcanized rubber

การผสมสารเคมีเข้าไปในยางก็เพื่อแก้ไขข้อเสียของยางซึ่งข้อเสียของยางคือ

1. ยางมีสมบัติเป็นทั้งพลาสติกและอีลาสติก สมบัติเป็นพลาสติก คือ สมบัติของสารที่เมื่อให้ความร้อนและกดลง ไปจะแบนและไหลได้ ส่วนสมบัติเป็นอีลาสติกหมายถึง สมบัติของสารเมื่อมีแรงกระทำต่อยางเช่น ยืดหรือกด เมื่อเอาแรงออกจะคืนกลับรูปเดิม ยางเมื่อกดจะแบนลงแต่เมื่อคลายแรงจะกลับคืนรูปแต่ไม่เท่าเดิมหรือเมื่อถึงจะยืดแต่เมื่อปล่อยกลับจะคืนกลับแต่ไม่เท่าเดิม การที่ยางมีสมบัติเป็นทั้งพลาสติก และอีลาสติกนี้ทำให้ ไม่สามารถนำไปใช้งานได้โดยตรง

2. ยางเป็นเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) ที่อุณหภูมิต่ำยางจะแข็งกระด้างแตกหักได้ง่ายแต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นยางจะนิ่มไหลแปรรูปไป การมีสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติกทำให้ยางใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิที่จำกัดเท่านั้น

3. ยางมีความแข็งแรงต่ำ ความต้านทานต่อแรงดึงต่ำ และความต้านทานต่อการสึกหรอต่ำ

4. ยางสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายหลายชนิด ยางเป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่น้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยประมาณ 30,000 – 300,000 โมเลกุลเหล่านี้อยู่รวมกันและยึดกันด้วยแรงอ่อนๆ เช่น แวนเดอร์วาล (Van de Waals) หรือพันธะไฮโดรเจน โมเลกุลของยางจะแยกออกจากกันได้ง่ายโดยการใช้ตัวทำละลายที่มีโพลาไรตี (polarity) ใกล้เคียงกับยาง ดังนั้นยางจึงสามารถละลายได้ง่ายในตัวทำละลาย

ในการใช้งานของยางจึงจำเป็นต้องผสมสารเคมีลงไปเพื่อแก้ไขข้อเสียเหล่านี้ เพื่อให้ยางมีขอบเขตการใช้งานกว้างขวางขึ้น ช่วยในการแปรรูปและเพื่อลดต้นทุนการผลิต ตัวอย่างสารเคมีที่ใช้ในน้ำยาง เช่น

Zinc alkyl xanthate เป็นสารตัวเร่งที่มีประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาเร็วที่สุด MBT (Mercaptobenzothiazole) เป็นสารตัวเร่งที่ทำให้ยางที่ตั้งทิ้งไว้มีอายุการใช้งานนานขึ้นมีความต้านทานต่อการสึกหรอสูง และง่ายต่อการป้องกันยางสุกก่อนกำหนดในยาง

TiO<sub>2</sub> ให้ความขาวเป็นเท่าของ ZnO และสองเท่าของซิงค์ซัลไฟด์ เจือยต่อ  
ปฏิกิริยาเคมีและไม่มิพิษ

สารตัวเร่งที่เป็น "Delayed action" คือสารตัวเร่งที่ไม่เร่งปฏิกิริยาที่อุณหภูมิขณะ  
ผลิตแต่ช่วยเร่งในขณะ "cure" สารตัวเร่งชนิดนี้  
เมื่อใช้ในยางแล้วจะปล่อยสารตัวเร่งออกมา  
ขณะทำการวัลคาไนซ์ (Vulcanize)

#### 2.4 การรักษาสภาพน้ำยาง

เนื่องด้วยน้ำยางจากธรรมชาติเกิดเสีสภาพการเป็นของเหลวจับตัวแข็งและมีลักษณะ  
เป็นเม็ดเล็กๆ (หรือที่ชาวบ้านมักเรียกว่าน้ำยางจับเป็น "เม็ดพริก") ภายในระยะเวลาเพียงไม่กี่  
ชั่วโมงนับจากถูกกรีดออกจากต้นยาง และการจับตัวดังกล่าวจะช้าหรือเร็วเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัย  
หลายประการเป็นต้นว่า สภาพของสิ่งแวดล้อมเช่นอุณหภูมิและคุณสมบัติความคงตัวของน้ำยางแต่ละ  
พันธุ์ อย่างไรก็ตามเมื่อเกิดการเสีสภาพแล้วน้ำยางจะแยกออกเป็นสองส่วน คือส่วนของเนื้อยาง  
กับส่วนของเซรุ่ม ภายหลังจากที่น้ำยางจับตัวแล้วจะมีกลิ่นบูดเหม็นของน้ำยางเกิดขึ้นฉะนั้นเพื่อป้องกัน  
กันมิให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อนและเพื่อไม่ให้มีกลิ่นบูดเหม็นเกิดขึ้น จึงมีความจำเป็นต้องรักษาสภาพ  
ให้น้ำยางเหลวเหมือนเมื่อก่อนออกจากต้นยาง

ในการรักษาสภาพน้ำยางนั้นอาจจำแนกเป็นการรักษาสภาพน้ำยางไว้ให้คงสภาพเหลวอยู่  
ได้นาน (long - term preservation) และรักษาให้คงสภาพเหลวในช่วงเวลาสั้น (short -  
term preservation) การรักษาน้ำยางไว้เป็นเวลานานนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อการรักษาสภาพ  
น้ำยางในช่วงระยะเวลาการเก็บสต็อกและการขนส่งจากโรงงานผลิตไปโรงงานอุตสาหกรรมผลิต  
ตัวตุลสำเร็จรูปต่างๆ ส่วนกรณีการรักษาสภาพน้ำยาง ช่วงระยะเวลาสั้นก็เพื่อรักษาให้น้ำยางคง  
เป็นของเหลวอยู่ในช่วง 2 - 3 วัน ก่อนหน้าที่จะนำเข้าสู่กรรมวิธีทำเป็นยางแท่งรูปต่างๆ หรือ  
ก่อนการทำให้เป็นน้ำยางชั้น สารเคมีที่ใช้รักษาน้ำยางในช่วง เวลาสั้นอาจเรียกว่าสารป้องกันน้ำยาง  
จับตัว (anticoagulant) ส่วนสารเคมีที่ใช้สำหรับรักษาให้น้ำยางเป็นของเหลวอยู่ได้นานๆ อาจ  
เรียกว่าสารรักษาสภาพน้ำยาง (preservatives)

#### 2.4.1 กลไกของการเกิดน้ำยางจับตัวเอง (natural or spontaneous coagulation)

ทฤษฎีที่สนับสนุนเกี่ยวกับการเกิดน้ำยางจับตัวเองมีอยู่ 2 ทฤษฎี ซึ่งทฤษฎีแรกอธิบายว่า การเกิดน้ำยางจับตัวเองนั้นเนื่องจากกรดที่เกิดขึ้น โดยบัคเตเรียทำปฏิกิริยากับสารพวกไมโซอินในน้ำยาง ส่วนทฤษฎีที่สองอธิบายว่าน้ำยางจับตัวเองได้เนื่องมาจากอนุมูลลบของกรดไขมัน (fatty acid anions) ที่เกิดขึ้นโดยการไฮโดรไลซิสของสารพวกไขมัน (lipid) ที่มีอยู่ในน้ำยาง โดยคาดว่าอนุมูลลบที่เกิดขึ้นจะถูกดูดซับอยู่รอบๆ ผิวอนุภาคของยาง ซึ่งอาจเป็นไปได้ที่อนุมูลลบเหล่านี้ อาจไปแทนที่ที่สารโปรตีนซึ่งเคยดูดซับอยู่แต่เดิม และอนุมูลลบดังกล่าวจะไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลของโลหะ (mettalic ions) พวกแคลเซียมและแมกนีเซียมที่มีอยู่ในน้ำยางแต่เริ่มแรกแล้ว หรือที่เกิดขึ้นภายหลังเนื่องจากปฏิกิริยาของพวกน้ำย่อย (enzymes) ในน้ำยาง

สรุปความจริงเกี่ยวกับการเกิดน้ำยางจับตัวเองเพื่อนำไปพิจารณาประเมินเหตุผลของสองทฤษฎีดังกล่าวข้างต้น ได้ดังต่อไปนี้

2.4.1.1 โดยปกติขณะเกิดน้ำยางจับตัวเอง pH (ความเป็นกรด-ด่าง) ของน้ำยางไม่ต่ำกว่า 6.0 - 6.3 ซึ่งในกรณีนี้ น้ำยางจับตัวโดยการเติมกรด (acidification) pH จะลดลงต่ำกว่า 5

2.4.1.2 กระบวนการเกิดน้ำยางจับตัวเองอาจเร่งให้เกิดเร็วได้โดยการเติมสบู่ของกรดไขมัน (fatty acid soaps) เพียงเล็กน้อย แต่หากเติมปริมาณมากกลับเป็นการช่วยให้น้ำยางจับตัวเองช้าลง ปริมาณสบู่ของกรดไขมันที่จะช่วยเร่งให้เกิดน้ำยางจับตัวเร็วที่สุดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่มีอยู่ในน้ำยาง

2.4.1.3 การเกิดน้ำยางจับตัวเอง และการจับตัวของน้ำยางเมื่อเติมสบู่ของกรดไขมันนั้นขึ้นอยู่กับอนุมูลของแคลเซียมและแมกนีเซียม หากไม่มีอนุมูลเหล่านี้ น้ำยางที่ไม่มีการรักษาสภาพเลย อาจคงเป็นของเหลวอยู่ได้นานหลายๆ วัน จนกว่าจะเกิดบูดเน่า

2.4.1.4 เมื่อทำให้น้ำยางจับเป็นก้อนโดยการเติมแอลกอฮอล์ แล้วนำก้อนยางไปละลายด้วยอีเทอร์ ปรากฏว่าก้อนยางที่ได้จากน้ำยางซึ่งกรีดจากต้นแล้วทิ้งไว้เป็นเวลานาน จะละลายในอีเทอร์ได้น้อยกว่าก้อนยางจากน้ำยางที่กรีดได้ใหม่ๆ

เมื่อพิจารณาความจริงทั้ง 4 ข้อ แล้วพบว่าสอดคล้องกับทฤษฎีที่ 2 มากกว่าทฤษฎีที่ 1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในความจริงข้อที่ 2.4.1.4 นั้นจะมีความหมายว่าในการเกิดน้ำยางจับตัวเองได้มีการเปลี่ยนของไขมันพวกเลซิธิน (lecithins) ที่ละลายได้ในอีเทอร์ไปเป็นพวก derivatives ซึ่ง derivatives ที่เกิดขึ้นบางสาร (เช่น inorganic phosphates) ไม่ละลายในอีเทอร์

#### 2.4.2 คุณสมบัติของสารที่จะเป็นตัวรักษาสภาพน้ำยาง

##### 2.4.2.1 ควรทำลายหรือกีดขวางปฏิกิริยาของแบคทีเรีย

2.4.2.2 ควรเสริมสถานะการเป็นสารคอลลอยด์ของน้ำยาง โดยการเพิ่มประจุและเพิ่มพลังงานระหว่างอนุภาคยางกับส่วนที่เป็นน้ำ (rubber-water interface) และเนื่องจากในขณะที่น้ำยางออกจากต้นยาง ชั้นของสารโปรตีนที่ห่อหุ้มอนุภาคยางอยู่มีฤทธิ์เป็นด่าง (alkali) ฉะนั้นสารที่รักษาสภาพน้ำยางจึงควรเพิ่ม pH ให้กับน้ำยาง นั่นคือ สารรักษาน้ำยางควรเป็นด่าง

2.4.2.3 ควรเป็นสารที่ทำให้พวกอนุมูลของโลหะหนักไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งจะโดยการกีดกันการเกิดปฏิกิริยา หรือโดยการทำให้เกิดการตกตะกอนเป็นเกลือที่ไม่ละลายน้ำก็ได้ ความต้องการทำให้อนุมูลของโลหะไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยานั้นมีเหตุผล 2 ประการคือ ประการแรกอนุมูลของโลหะเป็นตัวการสำคัญในการเจริญอยู่ได้ของพวกจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้น้ำยางจับตัวเอง และประการที่สองอนุมูลดังกล่าวโดยเฉพาะอนุมูลของแมงกานีสเชื่อมก่อให้เกิดการเสียหายของน้ำยาง

2.4.2.4 นอกจากคุณสมบัติ 3 ประการดังกล่าวข้างต้นแล้วสารรักษาสภาพของน้ำยาง ควรมีคุณสมบัติที่ไม่เป็นพิษต่อทั้งคนและทั้งเนื้อยาง ไม่ควรทำให้สีของน้ำยางหรือสีของยางที่แห้งแล้วเปลี่ยนแปลง ไม่ควรมีกลิ่นรุนแรงและไม่ควรก่อให้เกิดปัญหายุ่งยากต่อกระบวนการนำน้ำยางไปแปรรูปเพื่อใช้งาน ประการสุดท้ายคือควรมีราคาถูกและขนย้ายได้สะดวกด้วย

#### 2.4.3 สารเคมีรักษาสภาพของน้ำยาง

สารเคมีที่ใช้สำหรับรักษาสภาพของน้ำยาง อาจแบ่งได้เป็น 3 พวก คือ

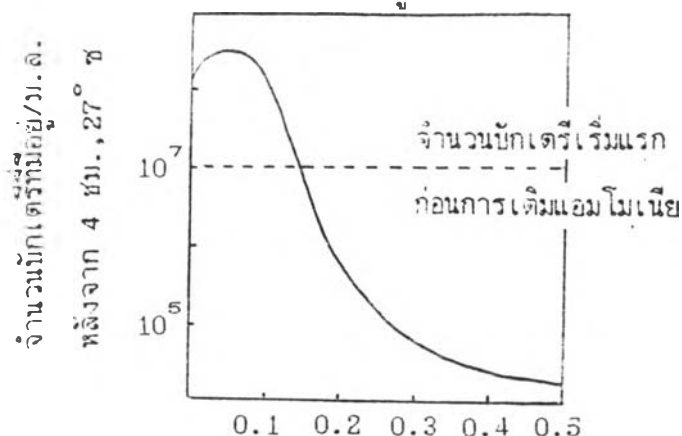
2.4.3.1 แอมโมเนีย เป็นสารเคมีที่นิยมใช้รักษาสภาพน้ำยางกันมาช้านาน และปัจจุบันก็ยังอยู่ในความนิยมของวงการอุตสาหกรรมน้ำยาง Johnson and Worvis ได้บันทึกผลการใช้แอมโมเนียรักษาน้ำยางเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2398 และนับจากนั้นมาแอมโมเนียก็ได้ชื่อว่าเป็นสารมาตรฐานสำหรับรักษาสภาพน้ำยาง

ในการผลิตน้ำยางชั้น แอมโมเนียถูกใช้ในทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต ปริมาณประมาณ 0.2% แอมโมเนียต่อน้ำหนักน้ำยางพอเพียงที่จะรักษาสภาพน้ำยางไว้ได้ในระยะเวลาช่วงสั้น และปริมาณประมาณ 0.7% แอมโมเนียต่อน้ำหนักยางพอเพียงที่จะรักษาสภาพน้ำยางไว้ได้ในชวงเวลายาวนาน ในทางปฏิบัติมักเติมแอมโมเนียประมาณ 0.01% ต่อน้ำหนักน้ำยางทันทีที่กรีดยางได้ เพื่อจุดประสงค์ป้องกันน้ำยางเกิดการจับตัวเอง แต่จากการค้นคว้าวิจัยในระยะหลังพบว่า การเติมแอมโมเนียปริมาณเพียงพอเล็กน้อยหลังจากกรีดยางได้นั้น เป็นวิธีการที่ไม่ถูกต้อง เพราะจะเป็นการเร่งการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียมากกว่า (รูปที่ 2.1)

สรุปผลของการเติมแอมโมเนียลงในน้ำยางมีดังนี้

1) ทำหน้าที่เป็นตัวทำลายแบคทีเรีย (bactericide) แอมโมเนียจะให้ประสิทธิภาพในการทำลายแบคทีเรียได้ดีมาก ถ้าหากเติมลงในน้ำยาง ในปริมาณเกินกว่า 0.35% ต่อน้ำหนักน้ำยางทันทีที่น้ำยางถูกกรีดยางออกจากต้น

จากการรายงานการศึกษาผลของปริมาณแอมโมเนียต่อจำนวนแบคทีเรียในน้ำยางตามกราฟรูปที่ 2.1 โดย Lowe (2503) ปรากฏว่าแอมโมเนียปริมาณเล็กน้อย (ประมาณไม่เกิน 0.05%) ส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรีย ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นเพราะ pH ของน้ำยางสูงเพิ่มขึ้นจากปกติ 6.5 ไปถึง 8.0 และในช่วงนี้เป็นช่วงที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณของแบคทีเรียชนิดธรรมดา ฉะนั้นระดับของปริมาณแอมโมเนียในน้ำยางต้องสูงกว่า 0.1% ก่อนที่จะมีการเพิ่มปริมาณแบคทีเรียเกิดขึ้น เพื่อว่าปริมาณแบคทีเรียจะได้คงที่เท่าที่มีอยู่เดิมเท่านั้น



ปริมาณแอมโมเนียเมื่อเริ่มแรก (% ต่อน้ำยางทั้งหมด)

รูปที่ 2.1 : ผลของแอมโมเนียต่อจำนวนแบคทีเรียในน้ำยางธรรมชาติ

(กราฟได้จากผลการทดลองของ Lowe, 2503)



2) แอมโมเนียเป็นต่าง เนื่องจากการที่แอมโมเนียมีฤทธิ์เป็นต่าง จึงช่วยส่งเสริมความเป็นต่างของเซรุ่ม ซึ่งก่อให้เกิดผลการส่งเสริมสถานะเป็นน้ำยางอยู่ได้

3) ตกตะกอนพวกอนุมูลของโลหะ แอมโมเนียสามารถหยุดปฏิกิริยาอนุมูลของโลหะบางชนิดได้โดยการฟอร์เอมีน (amine) ฟอร์มตะกอนไฮโดรเพอรอกไซด์ที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble hydroperoxides) กับพวกอนุมูลของแมกนีเซียม และแอมโมเนียยังสามารถฟอร์มตะกอนแมกนีเซียม แอมโมเนียฟอสเฟต เมื่อมีอนุมูลของฟอสเฟตอยู่ในน้ำยาง



ตะกอนที่เกิดขึ้น จะตกอยู่กันถึงน้ำยางในรูปของตม (sludge) ที่รวมเอาพวกดิน ทราาย สิ่งสกปรกพวกเปลือกไม้ใบไม้ตกตะกอนลงไปด้วย

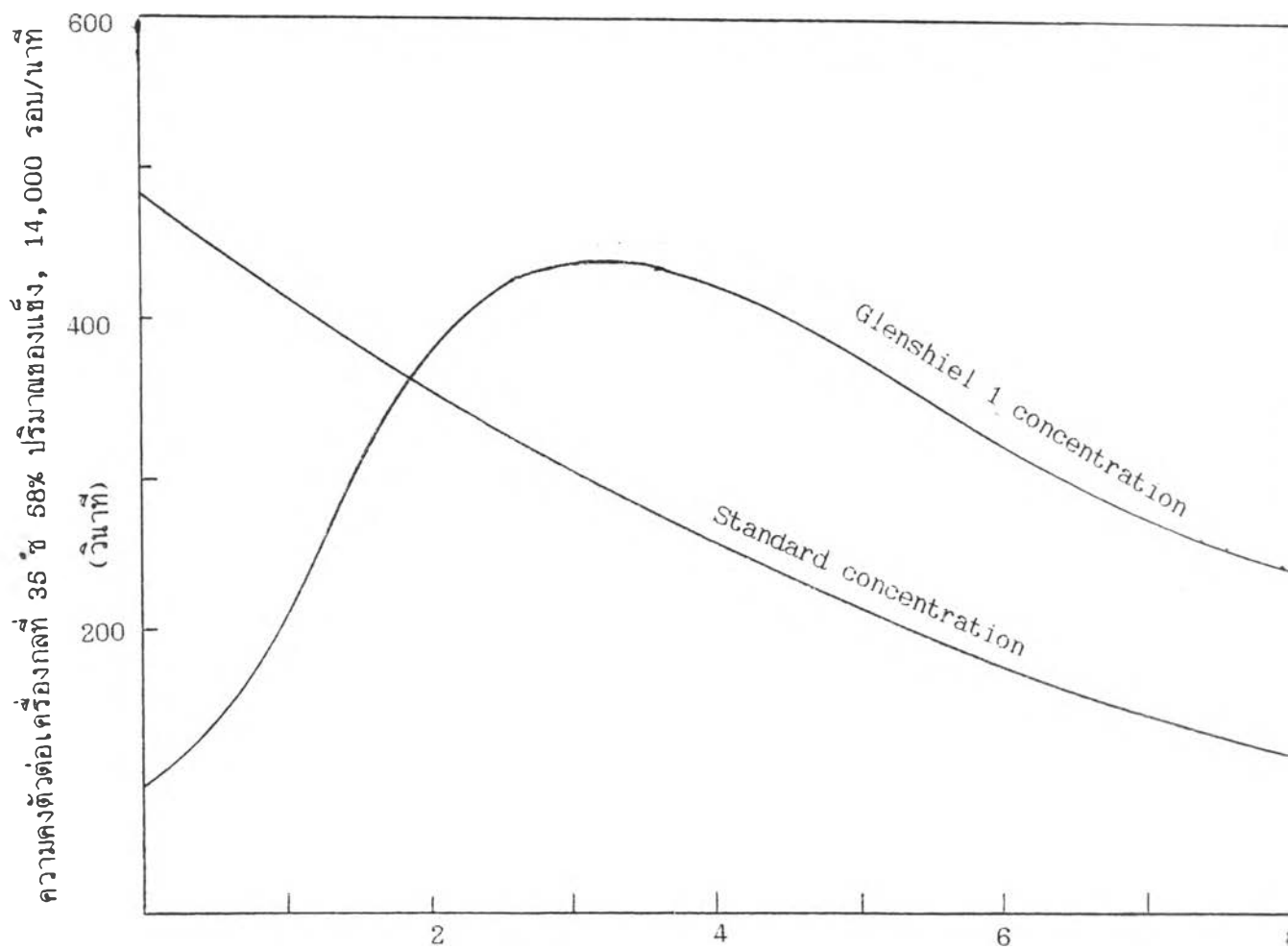
น้ำยางจากยางบางพันธุ์มีปริมาณของฟอสเฟตไม่พอเพียงที่จะเกิดการตกตะกอนแคลเซียมได้เช่น ยางพันธุ์ Glenshiel I ให้น้ำยางที่มีอัตราส่วนของ  $\text{Mg} : \text{PO}_4$  สูงเมื่อใส่แอมโมเนียรักษา น้ำยางแล้วก็ยังปรากฏว่าน้ำยางยังเสียสถานะได้ ทั้งนี้เพราะน้ำยางที่มีปริมาณอนุมูลของแมกนีเซียมอยู่มาก และน้ำยางนี้แสดงค่าความคงตัวต่อเครื่องกล (mechanical stability) ต่ำ ความหนืดสูง และ gelling pH สูง ความผิดปกติดังกล่าว แนวโน้มสูงโดยเฉพาะในขณะยางผลัดใบ นับว่าเป็นที่น่าเสียตายที่น้ำยางของยางพันธุ์ดังกล่าวมีลักษณะที่ผิดปกติ ทั้งนี้เพราะยางพันธุ์นี้ให้ผลผลิตสูง

อัตราส่วนของ  $\text{Mg} : \text{PO}_4$  ในน้ำยางจะผิดไปจากปกติ มักเนื่องจากมีปริมาณแมกนีเซียมมากเกินไป เนื่องจากมีปริมาณฟอสเฟตไม่พอเพียง ทั้งนี้เพราะฟอสเฟตเป็นอนุมูลที่เกิดได้จากการไฮโดรไลซ์ของสารฟอสโฟไลปิด (phospholipids)

Madge, Collier and Pee (2493) ได้แสดงว่าการเติมฟอสเฟต (เช่น diammonium hydrogen orthophosphate or tetrasodium phosphate) เล็กน้อย จะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติความคงตัวต่อเครื่องกลของน้ำยางพันธุ์ Glenshiel I ได้จนถึง จุดหนึ่งที่ปริมาณฟอสเฟตที่เติมลงไปเท่ากับปริมาณแมกนีเซียมส่วนที่มากเกินไปอยู่และหากเติมฟอสเฟตลงไปอีกจะปรากฏว่าความคงตัวของน้ำยางกลับลดลง ส่วนการเติมฟอสเฟตในน้ำยางธรรมดาทำให้เกิดการลดความคงตัวของน้ำยาง ผลของการเติมฟอสเฟตลงในน้ำยาง ดังแสดงในรูปที่ 2.2



4) แอมโมเนียจะฟอร์มแอมโมเนียมโซฟกับกรดไขมันที่มาจากการไฮโดรไลซ์ สารพวกไลปิด และแอมโมเนียโซฟนี้มีความสมบัติช่วยรักษาความคงตัวของน้ำยาง



จำนวนกรัมของ ไดแอมโมเนียไฮโดรเจนฟอสเฟต ต่อลิตรของน้ำยาง  
รูปที่ 2.2 : ผลของการเติมฟอสเฟตต่อคุณสมบัติความคงตัวของเครื่องกล  
ของน้ำยางธรรมชาติ

5) แอมโมเนียไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ นอกเสียจากการสูดไอน้ำแอมโมเนียเข้าไปมากหรือนอกเสียจากว่าผิวหนังถูกสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น แอมโมเนียเป็นสารที่ระเหยง่าย จึงสามารถกำจัดออกได้โดยง่ายเมื่อต้องการจะกำจัดและไม่เหลือผลตกค้างอยู่ในเนื้อเยื่อถึงแม้ว่าแอมโมเนียจะทำการเปลี่ยนแปลงสารพวกไม่ใช่น้ำในน้ำยางก็ตาม และแอมโมเนียมีก่อให้เกิดสีในน้ำยางหรือในยางที่แห้งแล้วมากนัก อย่างไรก็ตามแอมโมเนียมีข้อเสียเกี่ยวกับมีกลิ่นรุนแรง แอมโมเนียที่ใช้รักษาน้ำยางอาจบรรจุอยู่ในรูปของแก๊สหรือบรรจุขวดในรูปของของเหลว และเนื่องด้วยการเก็บแอมโมเนียไม่สะดวกนักจึงเป็นผลให้ราคาแอมโมเนียแพง นอกจากนี้แอมโมเนียยังก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับกระบวนการผลิตบางอย่าง เช่น ก่อให้เกิดลักษณะครีมแข็ง (thickening) เมื่อมีการเติมพวกซิงค์ออกไซด์ในกระบวนการผลิต สำหรับกลไกของการเกิดครีมแข็งดังกล่าว ยังไม่เป็นที่เข้าใจกัน แต่สันนิษฐานว่าอาจเนื่องจากปฏิกิริยาที่ถูกกระตุ้นด้วยความร้อน (heatsensitizing reaction) ของสารซิงค์ออกไซด์ แอมโมเนีย และอนุผลของแอมโมเนีย นอกจากนี้แอมโมเนียยังขัดขวางการเกิดเจล (gelation) ของน้ำยาง แบบที่ใช้สารโซเดียมซัลโฟเนตไอโวลีนจะเกิดความจำเป็นต้องลดปริมาณแอมโมเนียให้ต่ำกว่าก่อนหน้าการผลิตยางฟองน้ำโดยกระบวนการซัลโฟเนตไอโวลีน วิธีที่นิยมไล่แอมโมเนียคือวิธีระบายอากาศ (aeration)

2.4.3.2 แอมโมเนียปริมาณน้อยร่วมกับสารอื่นๆ เนื่องด้วยได้ปรากฏว่าแอมโมเนียปริมาณปกติที่ใช้รักษาน้ำยางธรรมชาติมีข้อเสียหลายประการ จึงได้มีการค้นคว้าเพื่อหาสารเคมีอื่นแทนการใช้แอมโมเนีย เพื่อรักษาสภาพของน้ำยาง แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันถึงแม้จะรู้ว่าแอมโมเนียมีข้อเสียหลายประการ ก็ยังคงใช้แอมโมเนียรักษาสภาพของน้ำยางกันอยู่และยังไม่มีการใช้สารอื่นๆ มาแทนที่แอมโมเนียอย่างเต็มที่ NoGavack (2502) ได้ประเมินไว้ว่าน้ำยางธรรมชาติที่ผลิตส่งจำหน่ายประเทศต่างๆ นั้น ประมาณ 95% ของปริมาณที่ส่งจำหน่ายเก็บรักษาสภาพไว้โดยใช้แอมโมเนีย อนึ่งปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะลดระดับปริมาณของแอมโมเนีย และใช้สารอื่นๆ ร่วมกับแอมโมเนียเพื่อรักษาน้ำยาง สารอื่นๆ ที่ใช้ร่วมกับแอมโมเนียถือเป็นสารช่วย (secondary preservatives) และน้ำยางที่ใช้ระบบรักษาไว้ด้วยแอมโมเนียระดับต่ำร่วมกับสารอื่นๆ เรียกว่าน้ำยางชนิดรักษาด้วยแอมโมเนียปริมาณน้อย "low - ammonia" (LA) type ส่วนน้ำยางที่ใช้ปริมาณแอมโมเนียสูงตามปกติเรียกว่าเป็นน้ำยางชนิดรักษาด้วยแอมโมเนียปริมาณธรรมดาหรือปริมาณมาก "high ' ammonia" (HA) type

2.5 ทฤษฎีการเกิดกราฟต์โคโพลิเมอร์

กราฟต์โคโพลิเมอร์ (Graft Copolymer) โคโพลิเมอร์ชนิดนี้มีโมโนเมอร์ A เรียงกันเป็นแถวยาว และในระหว่างแถวมีโมโนเมอร์อีกชนิดหนึ่งคือ B แตกสาขาเป็นแถวยาวออกไปดังนี้



เส้นลูกคลื่น(~)ที่อยู่ปลายทั้งสองของโครงสร้าง หมายถึง ยังมีหน่วยซ้ำ ๆ กันเป็นจำนวนมากเชื่อมต่อกันที่ปลายทั้งสองของโครงสร้าง

Thermoplastic Elastomer (TPE) โพลิเมอร์ที่สามารถหลอมตัวได้เมื่อให้ความร้อน และแข็งตัวเมื่อทำให้เย็นลง การหลอมตัวสามารถทำได้โดยโครงสร้างโพลิเมอร์ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง มีสมบัติแปรรูปได้เมื่อได้รับความเค้น และจะกลับไปยังรูปร่างเดิมเมื่อปลดปล่อยจากความเค้นนั้น ตามทฤษฎีคุณสมบัติของ TPE มีค่า Hardness อยู่ในช่วง 60-80(shore A) และมี melting point อยู่ในช่วง 140-160 °C

## 2.5.1 การใช้วิธีทางเคมี

### 2.5.1.1 ใช้วิธี Hydroperoxide

กราฟต์โคโพลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาครีเลต ปกติ การทำกราฟต์โคโพลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับโมโนเมอร์บางตัว จะใช้สารเคมีที่ให้ FREE RADICAL เมื่อถูกความร้อนเช่นพวก peroxide เมื่อผสมสารเคมีดังกล่าวกับน้ำยางโมโนเมอร์ และให้ความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาเป็นกราฟต์โคโพลิเมอร์ เช่น การทำ latex adhesive ใช้ส่วนผสมดังนี้

- NRL
- DISPERSING AGENT
- $\text{NH}_3$
- และเติมส่วนผสมของ MMA
- TERT-BUTYLHYDROPEROXIDE
- OLEIC ACID

เมื่อให้ความร้อนประมาณ  $60^\circ\text{C}$  จะได้กราฟต์โคโพลิเมอร์ของยางกับเมทิลเมทาครีเลต

การทำกราฟต์โคโพลิเมอร์เป็นผลิตภัณฑ์ก่อนสำหรับการใช้สารเคมียังไม้แพร่หลายเนื่องจากยังอยู่ในระหว่างการศึกษาวิจัย และการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่ยังมีข้อจำกัดที่มีสารเคมีตกค้างในผลิตภัณฑ์

### 2.5.1.2 ใช้วิธี Redox

การทำกราฟต์โคโพลิเมอร์โดยใช้วิธี Redox ใช้ส่วนผสมดังนี้

- MMA
- oleic acid
- tert-butyl hydroperoxide

วิธีเตรียม

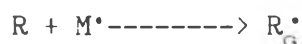
น้ำยาง latex เจือจางด้วย 1.5% แอมโมเนียเป็น 47%DRC และใส่ 10% by weight ของ tetraethylene pentamine 2.1 ml และเติมส่วนผสมของ MMA ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อยประมาณ 6 hr. ซึ่งวิธีนี้จะให้ %conversionสูง

## 2.5.2 การใช้วิธีทางรังสี

เมื่อโมเลกุลของยางได้รับพลังงานจากรังสีแกมมา อะตอมของไฮโดรเจนในโมเลกุลของยางจะหลุดออกไปโดยเฉพาะอะตอมไฮโดรเจนที่ตำแหน่งอัลฟาเมทิลีน เกิดเป็นเรดิคัล (radical) ที่ไม่เสถียรและไวต่อปฏิกิริยามาก เมื่อผลมเมทิลเมทาครีเลตลงไปด้วย จะเกิดปฏิกิริยาได้เป็นกราฟต์โคโพลิเมอร์

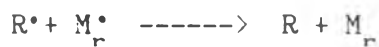
### 2.5.2.1 กลไกปฏิกิริยาอธิบายได้ดังนี้

#### ก. Initiation



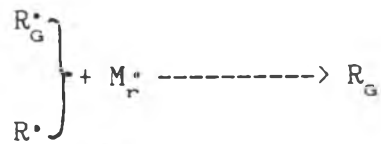
R = Rubber, S = Sensitizer, M = monomer

#### ข. Transfer reaction with growing polymer radical

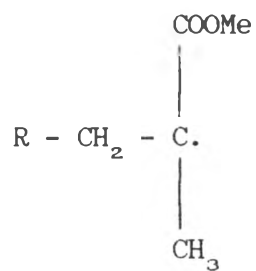


$M_r$  = Monomer with growing polymer radical

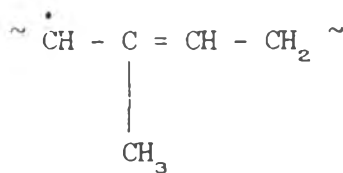
## ค. Termination



โดยที่ active radical ของ monomer เป็น



และ active radical ของ rubber เป็น



## 2.6\_ การใช้ประโยชน์ของกราฟต์โคโพลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาครีเลตในปัจจุบัน

Heveaplus MG หรือ NR-MMA โคโพลิเมอร์ เป็นผลผลิตอย่างหนึ่งที่ได้จากการกราฟต์น้ำยางธรรมชาติ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สำคัญอย่างหนึ่ง ส่วนใหญ่ใช้ Heveaplus ในทาง adhesive ในทางการค้าจะผลิต Heveaplus MG โดยใช้ hydroperoxide-polyamine เป็นตัวเริ่มต้น ฟิล์มของ NR-MMA เตรียมโดยวิธีง่าย ๆ เพราะปฏิกิริยาของการกราฟต์เกิดขึ้นบนพื้นผิวของอนุภาคของน้ำยางอย่างมากมาย วิธีนี้จะจริงถ้าตัวตั้งต้นเป็นพวก water-soluble การเตรียม NR-MMA โดยการกราฟต์ด้วยวิธีฉายรังสีคาดว่าจะได้ชนิดของฟิล์มที่ดีกว่า ฟิล์มที่ใช้กันทั่วไปก็จะได้ฟิล์มที่มีเนื้อเดียวกัน (homogeneity) เพราะว่าการเกิดเรดดิคัลของ ตัวตั้งต้นของปฏิกิริยาการกราฟต์จะเกิดภายในมวลของอนุภาคน้ำยาง

